

수도 포장진입로의 설계기준에 관한 연구

A Study on Design Standard for Paddy Field Ramp

김병갑 이중용 신승엽 김학주 이용복
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원
B. G. Kim J. Y. Rhee S. Y. Shin H. J. Kim Y. B. Lee

SUMMARY

Steep and narrow ramp installed in the paddy field makes it difficult and sometimes dangerous to drive agricultural machines on it. Because agricultural machinery become larger and heavier, it is necessary to revise design standard for ramp to provide safe travel. This study was conducted to revise the design standard for paddy field ramp, especially for its width and slope.

A mathematical model predicting travelling path of a tractor on paddy field ramp and farm road was developed and simulated. To verify this model, field tests were carried out. The model could predict travelling path with RMS Error of 12.5cm and 8.2cm, which were judged to be adoptable for determining the width of paddy field ramp. By applying this model to 110ps tractor, which was assumed to be the largest tractor in Korea, width of paddy field ramp was determined as over 3.6m.

The slope of paddy field ramp, which provided tractor with 10% of the total weight of the tractor and the mounted implement as reaction force at front wheel against ground was analyzed by considering weight transfer effect on a ramp. The result showed that adequate slope of paddy field ramp was 14°.

Keywords : Paddy field ramp, Design standard, Travel path model.

1. 서 론

포장진입로는 농도에서 포장으로 농업기계의 진출입을 가능토록 하는 경사진 곳으로 중·대형 트랙터의 보급이 증가함에 따라 그 중요도가 계속적으로 증가하고 있는 중요한 생산기반 요소 중의 하나이다.

포장진입로의 폭과 경사도는 지역에 따라 차이가 많으며 규정된 설계기준에 맞지 않게 시공된 포장진입로도 적지 않은 실정이다. 또한 농업기계

가 대형화, 중량화, 고성능화됨에 따라 농업기계의 안전사고 및 이로 인한 인적, 물적 피해 예방과 농업기계의 편안한 운전을 위해서는 변화된 농업기계 크기를 고려하여 포장진입로의 설계기준을 재검토할 필요가 있다.

기존의 포장진입로 설계기준에 대한 연구사를 보면 폭과 경사도에 대한 기준치는 제시되었으나 판단기준이 단순하고 시뮬레이션이나 과학적 접근이 미흡한 문제점이 있었다.

정두호 등(1986)은 트레일러를 부착한 트랙터의

This article was submitted for publication in August 2001; reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in November 2001. The authors are B. G. Kim, S. Y. Shin, H. J. Kim and Y. B. Lee at National Agricultural Mechanization Research Institute; and J. Y. Rhee at Seoul National University. The corresponding author is B. G. Kim, researcher, Div. of Fundamental Engineering and Technology, National Agricultural Mechanization Research Institute, 249 Suh-dun-dong, Kwonsun-ku, Suwon 441-100, Korea. E-mail : <kimbg@rda.go.kr>.

선회와 경운기의 포장출입시 기체의 포장접촉각을 고려하여 포장진입로의 폭과 경사도를 각각 3.7~3.8m와 17° 이하로 결정하였다.

농업개발연구소(1994)에서는 포장진입로의 폭은 농업기계의 선회반경을 고려하여 4m 이상으로 한다고 하였으며 포장진입로의 경사도는 트랙터의 정지 1차 횡진각에 안전계수 0.6을 곱하여 22°로 정하였다.

농림부(1996)의 농업생산기반 정비사업 계획설계기준(경지정리편)에서는 포장진입로의 폭은 트랙터의 회전반경이나 콤팩트의 도입 등을 고려하여 1경구에 1개소를 설치하는 경우 3.0~4.0m를 표준으로 하되, 부득이 2경구에 1개소를 설치하는 경우는 4.0~6.0m를 표준으로 하며 포장진입로의 경사도는 원칙적으로 18° 이하로 하되, 높이가 1.0m 이상인 경우는 트랙터의 등판한도를 고려하여 1:3~1:5를 표준으로 한다고 하였다.

일본농업토목종합연구소(1987)에서는 포장진입로의 폭은 트랙터의 회전반경이나 콤팩트를 고려하여 4m를 표준으로 하고, 2경구에 1개소를 설치할 때는 6m로 한다고 했으며, 포장진입로의 경사도는 트랙터의 등판한도를 고려하여 18° 이하로 한다고 하였다.

본 연구는 농업기계가 농도에서 선회하여 포장을 진출입할 때 포장진입로의 경사도에 따른 바퀴의 경로를 예측하여 포장진입로의 폭을 결정하며, 농업기계가 농에서 포장진입로를 통해 진출할 때 후방전도 없이 안전하게 진출할 수 있는 경사도를 결정하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 포장진입로의 폭 결정

포장진입로의 폭은 트랙터가 농도에서 포장진입로로 90° 선회하여 진입할 때 트랙터의 주행경로와 농도 또는 포장진입로의 가장자리 사이에 0.5m 이상의 여유를 갖도록 결정하였다. 여기서 여유폭을 0.5m로 한 것은 농도의 설계기준(농림부, 1996)에 준한 것이다. 그리고, 기준 기종은 농업기계의 대형화 추세를 감안하여 110마력급 트랙터로 하였다. 트랙터의 전체 공급대수 중에서 100마력 이상 트랙터가 차지하는 비율은 94년 0.6%에서 99년

1.2%로 증가하는 추세에 있다(농업기계연감, 2000).

또한 트랙터의 작업기, 특히 바퀴가 있는 작업기를 고려할 것인가 하는 것이 문제이다. 대표적 인 것이 트레일러인데 트레일러를 견인하여 포장에 들어가서 작업하는 경우는 수확물 운반의 경우를 생각할 수 있다. 실태조사 결과 수확작업시 트레일러를 끌고 논으로 직접 진입하는 경우는 10% 이하인 것으로 나타났다(김학주, 1997) 본 연구에서는 이를 고려하지 않았다.

트랙터의 주행경로는 트랙터의 체원과 조향각에 따라 주행경로를 예측할 수 있는 수학적 모델을 개발하고 이 모델에 대한 시뮬레이션 결과와 임의의 트랙터로 검증실험을 실시한 결과를 비교하여 모델을 검증한 후 대형의 기준 기종에 이 모델을 적용하여 구하였다.

(1) 경로예측모델 개발

트랙터가 농도와 포장진입로로 구성된 3차원 공간에서 주행할 때의 경로를 예측할 수 있는 수학적 모델을 개발하였다. 모델 개발에 있어서 사용된 가정은 다음과 같다.

첫째, 트랙터의 전륜은 조향만 하고 후륜으로 구동한다.

둘째, 트랙터는 일정한 저속으로 주행한다.

셋째, 트랙터의 진행방향에 대해 횡방향으로의 슬립은 없다.

넷째, 트랙터는 최대조향각으로 선회하되 본체가 90° 선회한 후에는 직진으로 진행하여 포장진입로로 진입한다.

다섯째, 개발된 모델에서 트랙터의 조향각은 좌우전륜의 조향각의 평균으로 구하였다.

그림 1과 같이 트랙터가 폭이 W 인 농도상에서 임의의 시간 i 에서 일정시간 뒤인 $i + \Delta t$ 시간까지 일정한 조향각 δ 로 주행한다면 트랙터의 이동거리 $(v \cdot \Delta t)$ 는 선회반경(R)에 트랙터의 중심축이 X 축과 이루는 각(θ)의 변화량을 곱한 값과 같으므로

$$v \cdot \Delta t = R \cdot \Delta \theta = \frac{L}{\tan \delta} (\theta_{i+1} - \theta_i) \dots \dots \dots (1)$$

여기서, δ : 조향각(rad)

L : 축간거리(m)

이 성립한다.

트랙터는 90° 회전 후 직진한다고 가정하였으므로 θ 가 90°가 되면 그 이후의 θ 값은 계속 90°가 된다. 그러므로 θ 는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta_{i+1} = \begin{cases} \frac{v \cdot \Delta t}{L} \tan \delta + \theta_i & (\theta \leq \frac{\pi}{2}) \\ \frac{\pi}{2} & (\theta > \frac{\pi}{2}) \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

그리고 θ 값에 따른 트랙터의 좌표변화는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$x_{i+1} = v \cdot \Delta t \cdot \cos(\frac{\theta_{i+1} + \theta_i}{2}) + x_i \dots\dots\dots (3)$$

$$y_{i+1} = v \cdot \Delta t \cdot \sin(\frac{\theta_{i+1} + \theta_i}{2}) \cdot \cos \phi + y_i \dots\dots\dots (4)$$

$$z_{i+1} = (y_{i+1} - y_i) \tan \phi + z_i \dots\dots\dots (5)$$

여기서,

$$\phi = \begin{cases} 0 & (y \leq W) \\ \phi_0 (\text{포장진입로의 경사도}) & (y > W) \end{cases}$$

(2) 시뮬레이션

앞에서 개발한 트랙터 주행경로 예측모델을 컴퓨터를 이용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 프로그램은 트랙터의 축거, 조향각, 주행속도와 포장진입로의 경사각 등을 입력하면 시간변화에 따른 트랙터의 좌후륜과 우전륜의 절대좌표를 파일로 출력하도록 C언어로 작성하였다.

(3) 검증실험

트랙터의 주행경로 예측모델의 실제 적용 가능성을 검토하기 위하여 그림 2와 같이 검증실험을 실시하고 그 결과를 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 실험에 사용된 트랙터의 주요제원은 표 1과 같다.

실험장소는 평평한 지면과 경사각이 12°인 경사면이 서로 만나는 곳에서 실시하였으며 이때 트랙

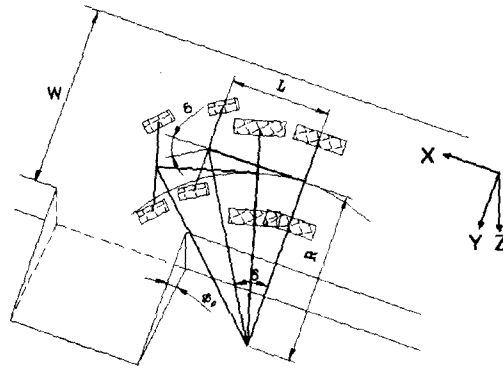


Fig. 1 Variables in the travel path model.

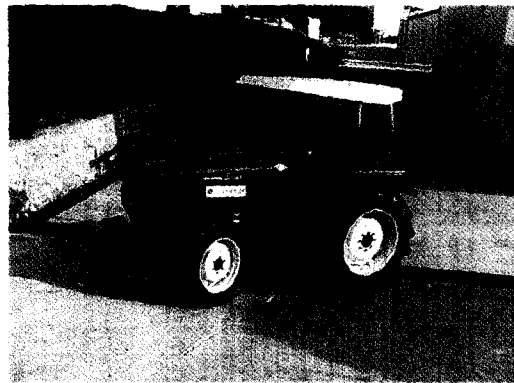


Fig. 2 View of field test for tracking tire path.

터의 조향각은 최대 조향각의 1/2인 17.5°로 하였다. 측정항목은 우전륜과 좌후륜의 경로로 3회 반복으로 측정하여 평균을 구하였다. 임의로 정한 조향각을 일정하게 유지하기 위하여 계기판의 한 지점과 핸들의 한 지점에 표시를 하고 두 지점이 일치하도록 하였다. 시뮬레이션 결과와 검증실험 결과를 비교하기 위하여 RMS 오차를 구하였다. RMS 오차는 다음 식과 같이 주어진다.

Table 1 Specifications of the tractor used for verification of the simulation model

Model	Power (PS)	Size(L×W×H) (mm)	Wheelbase (mm)	Axlebase (mm)
LT412D	41	3,660×1,560×2,300	front : 1,275 rear : 1,240	1,858

$$RMS\ Error = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N e_i^2}{N}} \dots\dots\dots (6)$$

여기서,
 e_i : 시뮬레이션 결과와 검증실험 결과의 차이
 N : 실험자료의 수

(4) 포장진입로의 폭 결정

트랙터가 폭이 4m인 농도상에서 최대조향각으로 포장진입로를 통해 포장으로 진입할 때 예상되는 트랙터 바퀴의 경로를 그림 3에 나타내었다. 이 때 포장진입로의 폭은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$RW = TW + OW + 2EW \dots\dots\dots (7)$$

여기서,
 RW : 포장진입로의 폭
 TW : 논쪽의 농도변과 교차하는 좌후륜과 우전륜간의 거리
 OW : 포장진입로 진입 이후의 농도방향 진행폭
 EW : 여유폭

포장진입로의 폭을 결정하기 위한 기준 기종은 110마력급인 MF4270으로 하였다. MF4270의 제원은 표 2와 같다.

나. 포장진입로의 경사도

(1) 경사도 결정방법

포장진입로의 경사도는 농업기계가 포장에서 농도로 진출할 때 후방전도가 일어나지 않는 범위내의 최대경사도로 설정하였다. 여기서 후방전도는 후륜으로 하중전이가 발생하여 운전자가 의도하는 대로 조향되지 않는 것을 의미하며 이러한 현상은 농업기계의 전륜에 작용하는 지면반력이 트랙터

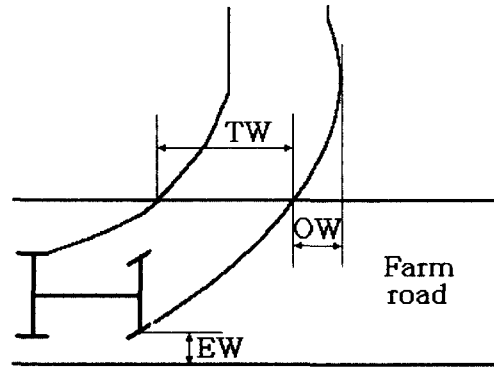


Fig. 3 Determination of field ramp width.

전체 무게의 10% 이하일 때 발생한다고 알려져 있다(정창주 외, 1992).

포장진입로의 경사도를 결정하기 위하여 고려해야 할 기종으로는 승용이앙기와 작업기를 부착한 트랙터 등이 있다. 이들 농업기계는 논에서 포장진입로로 올라올 때 후방이 무거워서 조향이 안정적이지 못한 현상이 나타나는 기종이다. 이 중에서 작업기를 부착한 트랙터를 기준기종으로 선정하였는데 그 이유는 실태조사 결과 포장진입로에서의 사고빈도가 가장 높은 것으로 나타났으며(김병갑, 1999) 논에 진출입하는 횟수도 많기 때문이다. 또한 이앙기는 트랙터보다 비교적 가벼워 이앙기의 앞쪽에 트랙터보다는 상대적으로 작은 부가하중만 있어도 후방전도를 방지할 수가 있기 때문이다.

(2) 경사도 결정식 유도

포장진입로의 경사도 결정식을 유도하기 위해 다음과 같이 가정하였다.

첫째, 트랙터는 일정한 속도로 진행하는 정적인 상태이다.

둘째, 포장에서 진출할 때 작업기를 가장 높이 상승시킨 상태로 진출한다.

셋째, 트랙터 및 작업기의 무게중심은 좌우방향

Table 2 Specifications of the tractor used for determining the field ramp width.

Model	Power (PS)	Size(L×W×H) (mm)	Wheelbase (mm)	Axlebase (mm)
MF4270	110	4,720×2,190×2,745	front : 1,740 rear : 1,735	2,609

으로는 가운데에 위치한다.

그림 4와 같이 트랙터가 포장진입로 상에서 진행할 때 힘의 평형조건에 따라 다음의 식들이 성립한다

$$\sum F_x = F_r - TF_r - TF_f - (W + W_i) \sin \phi = 0 \quad \dots (8)$$

$$\sum F_z = R_r + R_f - (W + W_i) \cos \phi = 0 \quad \dots (9)$$

$$\begin{aligned} \sum M = R_f L + W H_G \sin \phi - W L_G \cos \phi \\ + W_i H_i \sin \phi + W_i L_i \cos \phi = 0 \quad \dots (10) \end{aligned}$$

여기서,

F_r : 후륜의 추진력(N)

TF_f, TF_r : 전륜과 후륜에 각각 작용하는 구름저항(N)

R_f, R_r : 전륜과 후륜에 각각 작용하는 지면반력(N)

W, W_i : 트랙터 및 작업기의 무게(N)

L : 축간거리(m)

L_G, L_i : 뒷차축 중심에서 트랙터와 작업기 무게 중심까지의 수평거리(m)

H_G, H_i : 지면으로부터 트랙터와 작업기 무게 중심까지의 수직거리(m)

ϕ : 포장진입로의 경사도(°)

식 9를 R_r 에 대하여 정리하면

$$R_r = (W + W_i) \cos \phi - R_f \quad \dots (11)$$

이를 식 10에 대입하여 정리하면

$$\begin{aligned} (W L_G - W_i L_i) \cos \phi - (W H_G + W_i H_i) \sin \phi \\ - R_f L = 0 \quad \dots (12) \end{aligned}$$

이 된다.

트랙터 전체 무게에 대한 전륜의 지면반력의 비가 10%가 되는 포장진입로의 경사도는 $R_f = 0.1(W + W_i)$ 일 때 식 12를 만족하는 ϕ 가 된다.

(3) 경사도 결정식의 계수값 결정

포장진입로의 경사도 ϕ 를 결정하기 위해서는 식 12의 $W, W_i, L_G, H_G, L_i, H_i, L$ 값을 알아야 한다.

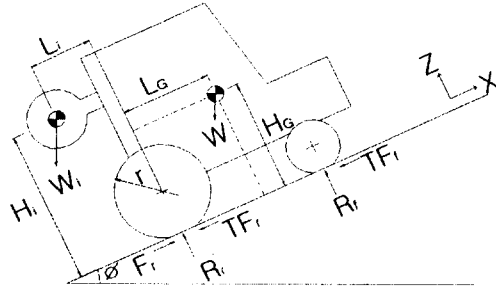


Fig. 4 Free-body diagram of the tractor on field ramp.

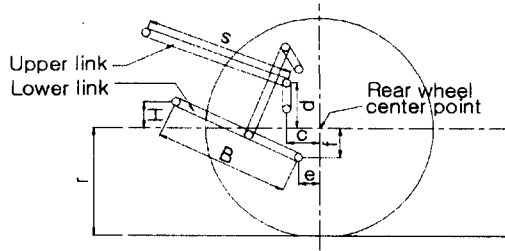


Fig. 5 Dimension variables describing the upper and lower linkage of a tractor.

이 중에서 국내에서 사용되는 트랙터의 W, W_i, L_G, H_G, L 값은 농업기계화연구소의 검사연보(1996~1999, 농업기계화연구소)에 보고되어 있다. 트랙터 본체의 무게(W)는 검사연보에서 제시한 트랙터 총중량에 운전자의 무게 75kg을 더하여 적용하였다.

L_i 와 H_i 값은 뒷바퀴의 지면 접촉점에서 상부링크 히치점까지의 거리와 상부링크 히치점에서부터 작업기 무게중심까지의 거리를 각각 구하여 결정하였다.

상부링크히치점까지의 거리는 그림 5에서 c, d, e, f, B, S, H, r 값을 알면 구할 수 있다. 이 중에 r 값은 ISO 4251-1의 동반경지수(Dynamic radius indices)를, 나머지 값들은 검사연보의 값을 사용하였다.

히치점과 작업기의 무게중심간의 거리를 구하기 위하여 본 연구에서는 임의로 작업기를 선정하고 이를 두 지점에서 매달아 무게중심의 위치를 구하였다. 무게중심을 측정한 작업기는 표 3에서 보는 바와 같다.

Table 3 Specifications of tested implements

Implement	Model	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)	Weight (kgf)	Size of tractor for attachment (PS)
Plow	Unknown	1,920	1,300	1,100	281	35 ~ 45*
Rotavator	R150	1,328	1,690	1,050	280	26 ~ 30
"	SW170G	910	1,910	1,000	428	40 ~ 46

* Obtained from the specification.

3. 결과 및 고찰

가. 포장진입로의 폭

(1) 시뮬레이션과 검증실험

트랙터의 주행경로를 예측하는 수학적 모델의 타당성을 검증하기 위하여 모델을 사용하며 시뮬레이션 및 검증실험을 실시하였다.

시뮬레이션 결과를 그림 6에 실선 및 점선으로 나타내었다. 그림 6에서 원점은 모델을 검증하기 위하여 트랙터가 출발할 때 좌후륜이 위치한 점으로서 좌후륜의 x좌표가 5.9m가 될 때 트랙터의 본체는 90° 선회하게 되는 것으로 나타났다.

검증실험 결과와 시뮬레이션 결과를 비교한 결과 좌후륜과 우전륜의 RMS error는 각각 12.5cm와 8.2cm로, 최대 오차는 각각 17.4cm와 12.6cm로 나타났다.

오차가 발생한 가장 큰 원인은 진행방향에 대해 횡방향으로의 슬립은 없다는 가정에서 기인하는 것이라 생각된다. 즉 트랙터가 경사면에서 주행할 때에는 아래쪽으로 슬립이 발생하기 때문에 많은 오차가 발생하는 것으로 생각된다.

포장진입로의 폭을 정할 때는 주행경로와 농도 또는 포장진입로 사이에 0.5m의 여유간격을 유지하는 것으로 가정하였으며 최대 오차는 이 범위 이내이므로 경로예측 모델은 실제 적용 가능한 것으로 판단된다.

(2) 포장진입로의 폭의 결정

기준기종인 MF4270이 포장진입로로 진입하는 경우에 트랙터의 경로를 알기 위하여 시뮬레이션을 실시한 결과는 그림 7과 같다.

트랙터의 좌후륜을 원점에 위치시켜 출발했을 때 트랙터의 좌후륜 및 우전륜의 경로가 농도의

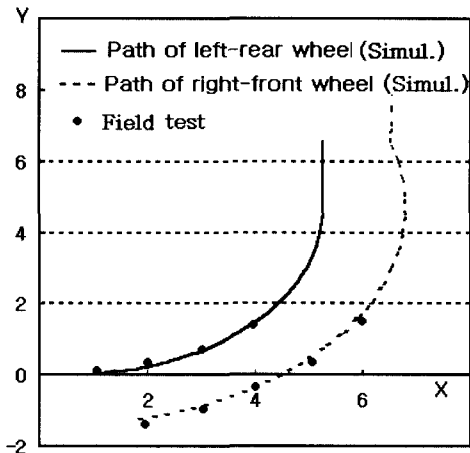


Fig. 6 Comparison of tire paths between simulation and field test.

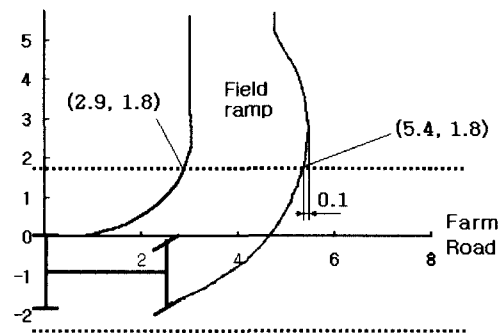


Fig. 7 Simulated tire paths for determination of width of field ramp. (MF4270, max. steering angle)

가장자리와 만나게 될 때, 즉 y=1.8일 때의 x좌표는 각각 2.9m, 5.4m로 나타나 TW는 2.5m가 되었다. 그리고 트랙터의 우전륜이 농도의 가장자리

Table 4 Mass center of the implements

Implement	Model	Distance from mass center to hitch point of upper link (mm)	
		Horizontal	Vertical
Plow	Unknown	1,060 (55.2)*	799 (72.6)
Rotavator	R150	267 (20.1)	633 (60.3)
"	SW170G	478 (52.5)	612 (61.2)

* Ratio to the implement size.

를 지난 후 X축 방향으로 더 진행한 거리 OW는 0.1m로 나타났다. 따라서 식 7을 사용하여 포장진입로의 폭을 구하면 $2.5+0.1+1.0=3.6m$ 가 되어 포장진입로의 폭을 3.6m 이상으로 결정하였다. 이 결과는 현재 농림부에서 제시하고 있는 기준과 동일한 값이다.

나. 포장진입로의 경사도

(1) 작업기 무게중심 실측 결과

트랙터의 전륜에 작용하는 지면반력에 따른 경사도를 결정하기 위한 사전 작업으로 작업기의 무게중심을 실측하였다. 작업기는 플라우 1개 기종과 로터베이터 2개 기종을 임의로 선정하여 측정하였으며 그 결과는 표 4와 같다.

(2) 포장진입로의 경사도 결정

무게중심을 측정된 작업기에 규격이 맞는 트랙터를 조합하고 이들 조합에 대해 각각 경사도를 구한 결과를 표 5에 나타내었다.

표 5에 의하면 포장진입로의 최소 경사도는 14°로 나타났으며 현행 설계기준에서 정한 경사도인 18°의 77.8% 정도에 해당된다. 이는 다른 연구결과(정두호 등, 1986; 농업개발연구소, 1994 등)에서 보고한 경사도 17~22°에 비해서는 작은 값이다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 농업기계가 안전하고 용이하게 진출입할 수 있는 포장진입로의 폭과 경사도 등 설계기준을 마련하기 위하여 수행되었다. 폭은 농업기계가 농도에서 포장진입로로 진입할 때의 주행경로를 기준으로 결정하였고, 경사도는 농업기계가 작업기를 부착하고 논에서 농도로 올라올 때 조향

Table 5 Calculated slope angle of each tractor/implement combination

Tractor		Implement Model	Slope angle of field ramp(°)
Model	Size(PS)		
LT380D	38	Unknown	14.1
T390	39		14.2
LT412D	41		18.3
LT410D	41		19.0
D480	43		16.3
T480	44		18.8
T280	28		R150
D300	28	21.5	
AF310	30	22.3	
LT412D	41	SW170G	16.4
LT410D	41		17.1
D480	43		14.7
T480	44		17.0

이 가능한 최대 경사도를 기준으로 결정하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 트랙터가 농도에서 포장진입로로 진입할 때의 경로를 예측할 수 있는 수학적 모델을 개발하였다. 이 모델의 검증을 위하여 시뮬레이션과 검증실험을 실시하고 그 결과를 비교한 결과 좌후륜과 우전륜 제적의 RMS Error는 12.5cm와 8.2cm로 각각 나타나 포장진입로의 폭을 결정하는데 있어서 예측 모델을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

2) 포장진입로의 폭을 결정하기 위하여 110마력급 트랙터가 농도에서 포장진입로로 진입하는 경우의 주행경로를 위의 모델을 사용하여 구한 결과 적정한 포장진입로의 폭은 3.6m 이상으로 나타났다.

3) 포장진입로의 경사도는 작업기를 부착한 트랙터가 논에서 농도로 진출할 때 조향가능성을 고려하였으며 진입로 경사면 위에서 트랙터에 대해

힘의 평형조건을 이용하여 경사도를 구하였다.

4) 플라우와 로터베이터를 임의로 선정하여 이에 적합한 규격의 트랙터를 조합하고 이들 조합에 대하여 경사도 결정식을 적용하여 포장진입로의 경사도를 구한 결과 적정한 포장진입로의 경사도는 14°인 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 김병갑, 오인식, 신승엽, 김학주, 이정재, 김대년. 1999. 기계화경작로 및 포장진입로에 관한 조사연구. 농업기계화연구소 시험연구보고서.
2. 김학주. 1997. 벼 수확후의 운반처리체계에 관한 연구. 성균관대학교 대학원 생명자원학과 석사학위논문.
3. 농림수산부. 1996. 농업생산기반정비사업 계획 설계기준(경지정리편).
4. 농업개발연구소. 1994. 경지정리의 최적설계에 관한 연구. 농림수산부, 농어촌진흥공사.
5. 농업기계화연구소. 1996~1999. 농업기계 시험평가연보.
6. 정두호, 이운룡, 이동현, 이성범, 홍성기. 1986. 농도실태와 농기계이용도 조사연구. 농업기계화연구소 시험연구보고서.
7. 정창주, 류관희, 김경욱. 1992. 농업동력학. 문운당.
8. 한국농업기계학회, 한국농기계공업협동조합. 2000. 농업기계연감.
9. 日本農業土木綜合研究所. 1987. 圃場整備.
10. International organization for standardization. 1992(E). ISO 4251-1. Tyres(ply rating marked series) and rims for agricultural tractors and machines-Part 1: Tyre designation and dimensions.